

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06315300 A**(43) Date of publication of application: **08 . 11 . 94**

(51) Int. Cl.

H02P 9/14
G05F 1/70
H02J 3/24

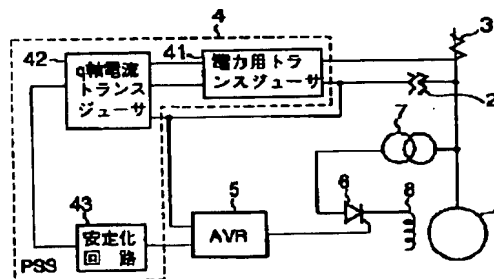
(21) Application number: **05123410**(22) Date of filing: **27 . 04 . 93**(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**(72) Inventor: **KANBARA ICHIRO**(54) **POWER SYSTEM STABILIZING EQUIPMENT**

(57) Abstract:

PURPOSE: To improve the stability of a power system, by deriving the q-axis current of a synchronous machine from its terminal voltage and its output current, and by making the q-axis current a stabilized signal.

CONSTITUTION: The terminal voltage and output current of a synchronous machine 1 obtained respectively from a voltage transformer 2 and a current transformer 3 are converted by a transducer 41 for a power into the effective power, reactive power and terminal voltage of the synchronous machine 1, and these are inputted to a q-axis current transducer 42. In the q-axis current transducer 42, first, effective and reactive currents are calculated, and then, the q-axis current of the synchronous machine 1 is calculated. In a stabilizing circuit 43, the output signals of the transducer 42 are converted from their stationary values into their deviation signals, and after their delaying, leading, and gain compensations, an automatic voltage regulator 5 is controlled by their stabilized signals. Thereby, the stability of a power system is improved.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO



【特許請求の範囲】

【請求項1】 安定化回路からの出力を自動電圧調整装置に入力し、励磁調整して同期機の安定化をはかる電力系統安定化装置において、同期機の端子電圧と出力電流とから同期機のq軸電流を導出するq軸電流トランスジューサと、前記q軸電流を入力して安定化信号とする安定化回路とを備えたことを特徴とする電力系統安定化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は同期機の自動電圧調整装置（以下、AVRと呼ぶ）に付加する電力系統安定化装置（以下、PSSと呼ぶ）に関する。

【0002】

【従来の技術】 図3は従来の電力系統安定化装置を示したものである。PSSは系統に接続された同期機が系統*

$$\Delta \omega = (\Delta P_m - \Delta P) / (MS + D) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$\Delta \omega$ = 同期機の回転子速度偏差 (PU)

ΔP_m = 機械入出力変化 (PU)

ΔP = 電気入出力 (電力) 変化 (PU)

M = 単位慣性定数 (SEC)

D = 固有制動トルク係数 (PU)

正確にはこの関係を使って、 $\Delta \omega$ と同相成分のトルクを発生するように制御すべきであるが、機械入出力 ΔP_m の精度良い検出が困難であるところから、これを近似的※

$$TsrS$$

$$1 + TsrS$$

その役割は安定化信号を定常値からの変化分の信号に変えるもので、電力動揺の周波数成分（通常は0.5～2Hz）は良く通すが、それ以下のゆっくりとした周波数成分は除くように、時定数Tsrを適当に選んでいる。シグナルリセット回路11を通った信号は位相補償及び利得補償回路12を通して、最後にリミッタ回路13を通してAVRへの入力信号となる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 一般に広く使用されている従来の ΔP 信号を使う方式では、機械入力の変化が電力動揺の周波数に比べ比較的遅く、かつ小さいときは何ら問題はないが、変化が比較的早くかつ大幅に起こるときはPSS出力は電力動揺と直接関係のない信号を出し、これがAVRの出力を大きく振ることになる。その結果、同期機の端子電圧を大幅に振り、過大な無効電力の流出入が行なわれ、ハード上も又安定度上も好ましくない。機械トルクがこのように変化する場合の一例としては、揚水機の揚水起動時やポンプ起動時にみられる。従来方法でこれを防ごうとすると、シグナルリセット回路11の時定数Tsrを小さくするか、リミッタ回路13の制限値を低くするか2通りしかない。しかし、いずれの

* との間で持つ電力動揺に対して、制動力を付加することにより安定度を向上させる機能を有し、近年の大容量長距離送電の傾向に伴なってよく適用されるようになった装置である。このPSSの制御信号（これを安定化信号と呼ぶ）としては現在次の3種類が実用化されている。

(1) 同期機の回転子速度偏差信号 ($\Delta \omega$ 信号と略す)

(2) 電力偏差信号 (ΔP と略す)

(3) 周波数偏差信号 (Δf と略す)

制動力は回転子の速度偏差 $\Delta \omega$ （定常値からの変化分）

- 10 に比例したトルク成分であるため、 $\Delta \omega$ 信号を使う場合はこれに比例したトルクを発生するように励磁制御をしてやればよい。又、 ΔP 信号を使う場合は同期機の運動方程式より、 $\Delta \omega$ 信号との間に(1)式に示すような等価性が成立することを利用するものである。

【数1】

※に0と考えて、電力信号のみで制御している。

- 20 【0003】 一般にPSSの安定化回路10にはシグナルリセット回路11と呼ばれる不完全微分回路が設けられており、何らかの方法で検出された安定化信号は先ずこの回路を通るのが普通である。この回路の伝達関数は(2)式で示され、

【数2】

$$\dots\dots\dots (2)$$

方法も本来問題とする電力動揺に対して影響を有し、その制動効果を弱めてしまう。

【0005】 一方、 $\Delta \omega$ 信号を安定化信号に用いる場合、負荷需要に伴なう機械トルク変化があっても、回転速度は系統の周波数に対して殆んどずれることなく一定であるため、機械トルク変化があっても同期機電圧を増加、減少させることはないが、同期機本体に回転数を検出する装置が必要となつて、同期機本体の構造が複雑となり、保守性を低下させる問題があった。又、 Δf 信号は同期機の端子電圧の周波数を使用するもので、同期機の回転速度の変化に対して $\Delta \omega$ 信号と等価な動きを示すが、負荷側の変化に対して等価な動きとならないために、良好な結果を期待できなかった。本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、負荷需要に伴なう機械トルクの変動においても、AVR出力を大きく振ることのない電力系統安定化装置を提供することを目的としている。

【0006】

- 50 【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、本発明の電力系統安定化装置は端子電圧、有効電力、無効電力を検出する電力用トランスジューサと、そ

の出力より同期機 q 軸電流を出力する q 軸電流トランスジューサと、同期機 q 軸電流を安定化信号とし、適切な位相進み補償と利得補償を行なう安定化回路とから構成した。

【作用】上記の構成より同期機の出力端子に接続した電力用トランスジューサの端子電圧出力、有効電力出力、無効電力出力を用いて q 軸電流トランスジューサにより同期機の q 軸電流を算出し、その q 軸電流を安定化信号*

$$i_q = \frac{e_b * \sin \delta}{X_e + X_q} \dots\dots\dots (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta i_q &= \left(\frac{e_b}{X_e + X_q} \cos \delta \right) \Delta \delta \\ &= \left(\frac{e_b}{X_e + X_q} \cos \delta \frac{\omega_0}{s} \right) \Delta \omega \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

$$\Delta i_q = -j \left(\frac{e_b}{X_e + X_q} \cos \delta \frac{\omega_0}{\omega} \right) \Delta \omega \dots\dots (5)$$

但し、 e_b : 母線電圧

δ : 位相角

X_e : 外部リアクタンス

X_q : q 軸同期リアクタンス

Δi_q 信号は $\Delta \omega$ 信号より 90 度位相が遅れた信号となるが、位相進み補償を大きくすることで $\Delta \omega$ と同様の取扱いができる。又、q 軸電流トランスジューサは、電力用トランスジューサの有効電力出力、無効電力出力、同※

※ 同期機端子電圧出力より、有効電流 i_p と無効電流 i_q を算出し、q 軸同期リアクタンス X_q より、(6) 式を用いて i_q を出力する。

【数 4】

$$i_q = \frac{P_g}{\sqrt{(X_q * i_p)^2 + (e_t + X_q * i_q)^2}} \dots\dots (6)$$

ここで、上述の同期機 q 軸電流 i_q の式は図 2 の同期機ベクトル図より、下式より求められる。

★ 【数 5】

★

* とすることにより、電力システムの安定度を向上させることができる。ここで、同期機 q 軸電流、安定化信号の物理的な意味について補足すると、一機対無限大系統における同期機 q 軸電流 i_q は、(3) 式となり、これを線形近似化すると (4) 式となり、更に一定の動揺周波数を ω とすると (5) 式となる。

【数 3】

5

6

$$i_p = \frac{P_g}{e_t}$$

$$i_q = \frac{Q_g}{e_t}$$

$$E_q = \sqrt{(e_t + i_q X_q)^2 + (i_p X_q)^2}$$

$$\tilde{E}_q \cdot \tilde{i}_t^* = (\tilde{e}_t + j X_q \tilde{i}_t) \cdot \tilde{i}_t^* \text{ より}$$

$$j E_q \cdot (i_d - j i_q) = \{e_t + j X_q (i_p - j i_q)\} \cdot (i_p + j i_q)$$

$$\text{故に } i_q = \frac{e_t i_p}{E_q} = \frac{P_g}{\sqrt{(e_t + i_q X_q)^2 + (i_p X_q)^2}}$$

又は、ABの長さが $(X_q + X_e) i_t$ であることから

$$e_b \sin \delta = (X_q + X_e) i_q \text{ より}$$

$$\text{故に } i_q = \frac{e_b \sin \delta}{X_q + X_e}$$

ここで、 \sim : 複素数を表わし、 \sim^* は共役複素数を表わす。

j : 複素記号

P_g : 有効電力

Q_g : 無効電力

i_d : 同期機 d 軸電流

E_q : q 軸同期リアクタンス背後電圧

X_q : q 軸同期リアクタンス

i_p : 有効電流

i_q : 無効電流

e_t : 同期機端子電圧

【0007】

【実施例】以下図面を参照して実施例を説明する。図1は本発明による電力系統安定化装置の一実施例の構成図である。図1において、1は同期機、2は電圧変成器

(PT)、3は電流変成器(CT)であり、前記各変成器を介して電力系統安定化装置4に電気量を取り込む構成を有している。5は自動電圧調整装置(AVR)でサイリスタ6のゲートに接続され、前記サイリスタは励磁用変圧器7を介して励磁巻線8を励磁する接続構成を有

している。なお、41は電力用トランスジューサ、42はq軸電流トランスジューサ、43は安定化回路である。したがって、全体的な作用を説明すると、PT2、CT3から得られた同期機端子電圧と出力電流は電力用トランスジューサ41によって有効電力と無効電力及び同期機端子電圧に変換され、これらはq軸電流トランスジューサ42に入力される。q軸電流トランスジューサ42はまず有効電力と無効電力を除算器を用いて同期機端子電圧で割ることにより有効電流と無効電流を算出し、次に有効電力と有効電流と無効電流及び設定値として入力したq軸同期リアクタンス X_q を、除算器、乗算器、平方根器を用いて(6)式にて示す同期機q軸電流 i_q を算出する。安定化回路43ではその信号を定常値からの偏差信号(Δi 信号)に変換し、遅れ、進み補償、利得補償をかけて、PSS4の出力信号としてAVR5を制御する。AVR5は同期機端子電圧とPSS4の出力信号に基づいて、励磁用変圧器7を電源とするサイリスタ整流器6を制御し、同期機1の励磁巻線8に流れる電流を制御している。

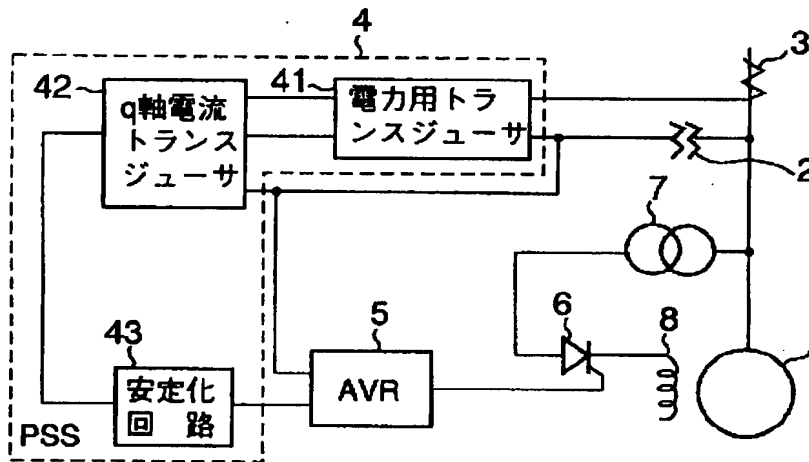
50 【0008】今、何らかの原因で電力動揺が発生する

7

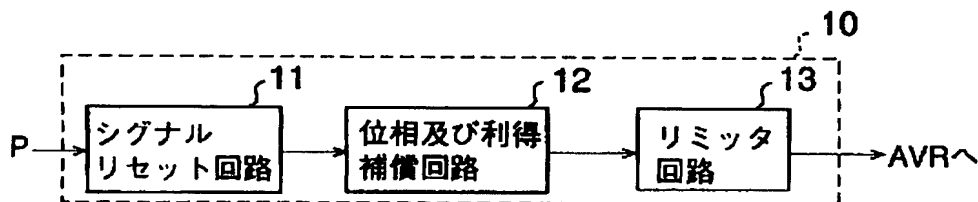
と、q軸トランスジューサ42にて検出された同期機1のq軸電流は、回転速度の動揺と位相が90度遅れの信号として検出される。安定化回路43はこの同期機q軸電流信号に同期機1を含むAVR5の制御遅れと回転速度の動揺信号に対する同期機q軸電流検出信号の位相遅れを考慮して、位相進み補償を加え、更に適切な利得補償を加えている。そしてAVR5を通して同期機1の界磁電流の増減制御を行なう。前述した通り、同期機のq軸電流信号は位相進み補償を加えることによって、回転速度信号と等価であることから、 $\Delta\omega$ 信号によるPSSと同様な制御で電力動揺を速やかに抑制することになる。上記実施例によれば、発電プラントに標準的に設置されるPT、CTによる電気的な入力のみで、回転数検出器を設置せずに $\Delta\omega$ 信号と同等な制御信号である Δi_q 信号を得ることができる。そして、 Δi_q 信号を制御信号に用いることにより、負荷の需要に伴うランプ状の機械トルク変化に対しても、AVR出力を不要に増加、減少させずに同期機の電力動揺を抑えることができる。なお、本発明の同期機q軸電流の検出はデジタル計算機*

20

【図1】



【図3】



8

*を使用することによって容易に実現できるものであるが、アナログ回路でも、乗算器、除算器及び平方根器を使用して実現できるものである。要は同期機の端子電圧と出力電流により、 Δi_q 信号を検出することで実現するものである。

【0009】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば同期機本体に回転数検出装置を付加することなしに、保守性の良好な電気的な入力信号のみで安定化制御信号である Δi_q 信号を得ることができる。そして、付加の需要に伴うランプ状の機械トルク変化においても、同期機の端子電圧を増加、減少させずに、同期機出力を安定にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による電力系統安定化装置の一実施例の構成図。

【図2】q軸電流を計算するためのベクトル図。

【図3】従来の安定化回路を示す図。

【図2】

